

Calagem do Solo e Adubação no Estado do Acre: Uso Atual e Perspectivas Futuras



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 140

Calagem do Solo e Adubação no Estado do Acre: Uso Atual e Perspectivas Futuras

*Rogério Resende Martins Ferreira
Eufran Ferreira do Amaral
Falberni de Souza Costa
Tadário Kamel de Oliveira*

Embrapa Acre
Rio Branco, AC
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho

Caixa Postal 321

CEP 69908-970 Rio Branco, AC

Fone: (68) 3212-3200

Fax: (68) 3212-3285

<http://www.embrapa.br/acre>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *José Marques Carneiro Júnior*

Secretária-Executiva: *Claudia Carvalho Sena*

Membros: *Carlos Mauricio Soares de Andrade, Celso Luis Bergo, Evandro Orfanó Figueiredo, Patrícia Silva Flores, Rivaldalve Coelho Gonçalves, Rodrigo Souza Santos, Rogério Resende Martins Ferreira, Tádário Kamel de Oliveira, Tatiana de Campos*

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica: *Renata do Carmo França Seabra*

Editoração eletrônica: *Bruno Imbroisi*

Fotos da capa: *Marcelo Klein*

1ª edição

1ª impressão (2015): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Acre**

Calagem do solo e adubação no Estado do Acre: uso atual e perspectivas futuras / por Rogério Resende Martins Ferreira ... [et al]. – Rio Branco: Embrapa Acre, 2015.

31 p.: il. color. – (Documentos / Embrapa Acre, ISSN 0104-9046; 140).

1. Solo – Fertilidade. 2. Calagem. 3. Adubação. 4. Agricultura familiar – Acre. 5. Ferreira, Rogério Resende Martins. I. Embrapa Acre. II. Série.

631.8098112

©Embrapa 2015

Autores

Rogério Resende Martins Ferreira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Eufraim Ferreira do Amaral

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Falberni de Souza Costa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Tadário Kamel de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Apresentação

No Brasil, a agricultura familiar representa 85% dos estabelecimentos rurais, somando 38% do valor bruto da produção. No Acre, o uso da terra por produtores familiares baseia-se ainda, em grande parte, no processo de derruba e queima da floresta primária e/ou secundária (capoeira) seguido do plantio de culturas anuais, como arroz, milho, feijão e mandioca, por um período médio de 2 a 3 anos. Após esse período o produtor deixa a terra em pousio por 3 a 8 anos, enquanto novas áreas são desmatadas para utilização com culturas anuais.

Para avançar no desenvolvimento da agricultura no Acre, são necessários muitos estudos sobre o uso da adubação, calagem e manejo dos solos, com o intuito de manter a fertilidade e as condições físico-químicas originais. Este trabalho objetiva sistematizar o conhecimento referente à fertilidade dos solos do Acre e nortear os desafios de futuras pesquisas sobre o manejo da correção de acidez e adubação dos solos dessa região da Amazônia.

O Acre em função da ocorrência comum de solos eutróficos, de alta fertilidade natural quanto à presença de nutrientes, associada ao clima tropical úmido, possui potencial para o desenvolvimento de práticas conservacionistas. Essas práticas proporcionam melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, o que resulta em ganhos de produtividade dos componentes agrícola, agroflorestal, florestal e pecuário.

Nesse contexto, o aumento da produtividade das áreas cultivadas do Estado do Acre dependerá da adequada avaliação da fertilidade do solo e da correta recomendação de adubação e calagem que deverá ser pautada em referenciais desenvolvidos e validados técnica e economicamente ao longo do tempo.

Eufran Ferreira do Amaral
Chefe-Geral da Embrapa Acre

Sumário

Introdução	9
Tipos e natureza dos solos do Acre	10
Manejo da correção de acidez do solo	15
Adubação	18
Demanda de pesquisas	24
Conclusões	25
Referências	25

Calagem do Solo e Adubação no Estado do Acre: Uso Atual e Perspectivas Futuras

*Rogério Resende Martins Ferreira
Eufran Ferreira do Amaral
Falberni de Souza Costa
Tadário Kamel de Oliveira*

Introdução

No Acre, o uso da terra por produtores familiares baseia-se, em grande parte, no processo de derruba e queima da floresta primária e/ou secundária (capoeira) seguido do plantio de culturas anuais como arroz, milho, feijão e mandioca por um período médio de 2 a 3 anos. Após esse período, em razão de fatores como o empobrecimento químico do solo, surgimento de plantas espontâneas, ocorrência de pragas e doenças, dentre outros, o produtor deixa a terra em pousio, em ciclos que variam em média de 5 anos, para recuperação de sua fertilidade e/ou incorpora pastagens extensivas, enquanto novas áreas são desmatadas para a utilização de culturas (AMARAL, 2003; COSTA et al., 2014).

Portanto, é imprescindível a continuidade da exploração agrícola nas áreas já desmatadas, evitando-se novas derrubadas na cobertura florestal nativa, que implica na necessidade de repor os nutrientes perdidos pelo sistema, com o intuito de manter a fertilidade dos solos em patamares suficientes para sustentar a exploração agrícola e pecuária.

Este documento tem como objetivo realizar revisões das principais publicações referentes à fertilidade dos solos do Acre e nortear os desafios de futuras pesquisas sobre o manejo da correção de acidez do solo e adubação.

Tipos e natureza dos solos do Acre

As características mineralógicas e químicas dos solos da Amazônia são, em grande parte, ditadas pela natureza do material de origem. Áreas mais extensas de solos eutróficos só existem onde há influência atual (planície aluvial) ou pretérita (terraços e baixos planaltos das bacias do Acre e do Alto Amazonas) de sedimentos andinos; ou, ainda, onde afloram rochas de maior riqueza em bases (SCHAEFER et al., 2000).

O nível elevado do lençol freático e a inundação periódica limitam o processo pedogenético, ocasionando solos jovens e, em alguns casos, sedimentos em processo incipiente de pedogênese (LIMA, 2001). Por sua natureza sedimentar recente, os solos dessas várzeas guardam estreita relação com o material de origem, sedimentos provenientes das regiões andina e subandina transportados pelos rios e depositados na planície aluvial (GIBBS, 1964; IRION, 1976).

As condições restritas de drenagem, resultantes das características ambientais e da granulometria fina dos sedimentos originais, condicionaram um processo de intemperismo menos acentuado do que aquele normalmente observado nos solos bem drenados da Amazônia, o que resulta em perfis mais rasos e de maior riqueza em minerais primários (CUNHA et al., 2014).

A Formação Solimões cobre 80% do Estado do Acre. Os solos dessa formação apresentam características físicas, químicas e biológicas próximas ao material de origem (MÖLLER; KITAGAMA, 1982; MÖLLER et al., 1982). Em muitos solos originados de sedimentos andinos da Amazônia com participação expressiva de esmectitas em processo de destruição no clima úmido atual, os solos são ácidos, relativamente

férteis, mas apresentam quantidades muito altas de alumínio extraível com a solução de KCl 1 mol L⁻¹ (Al-KCl), tradicionalmente utilizada para quantificação do Al “trocável”. Muitos desses solos vêm sendo qualificados como Alíticos, ou seja, teor de alumínio extraível igual ou maior do que 4 cmol_c/kg de solo, saturação por alumínio (100 Al⁺³/S + Al⁺³) igual ou maior do que 50% e/ou saturação por bases (V%) menor do que 50% (solos Distróficos). Os solos Alíticos são associados à atividade de argila igual ou maior do que 20 cmol_c/kg no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006). A origem desse alumínio, assim como suas relações com eventuais efeitos de fitotoxidez, ainda não é suficientemente esclarecida nos solos do Acre (Figura 1 e Tabela 1), onde teores de Al-KCl superando os 10 cmol_c kg⁻¹ são frequentes (ALMEIDA et al., 2010; CUNHA et al., 2014). Em vários casos, teores altos de Ca²⁺ e Mg²⁺, soma e saturação por bases ocorrem em conjunto com teores muito elevados de Al-KCl, sendo frequentes as situações em que os valores de pH em água são superiores a 5,5, como em solos do Acre, onde não é esperada a presença de Al trocável (REUNIÃO..., 2010).

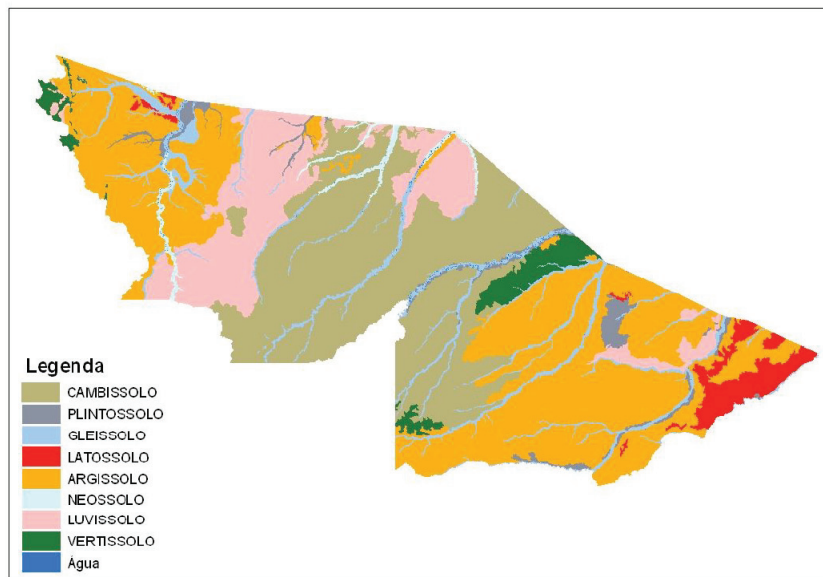


Figura 1. Mapa de solos em nível de ordem do Estado do Acre, escala 1:250.000.

Fonte: Acre (2005).

Tabela 1. Expressão geográfica e distribuição relativa de classes de solos* no nível de ordem no Estado do Acre, de acordo com o mapa de solos na escala de 1:250.000 do ZEE Fase II.

Classes no nível de ordem	Área (ha)	Percentual do estado (%)
Argissolos	6.275.532	38,32
Cambissolos	5.168.451	31,56
Luvissolos	2.390.496	14,60
Gleissolos	978.561	5,98
Vertissolos	498.064	3,04
Plintossolos	361.142	2,21
Neossolos	189.154	1,16
Total	16.376.890	100,0

*Desconsiderando a área referente a superfícies aquáticas.

Fonte: Acre (2005) e Amaral et al. (2006).

Gama (1986) e Amaral (2003) estudando solos do Acre propuseram participação dos compostos amorfo de Al como causa dos altos teores de alumínio. Estudos recentes de Almeida et al. (2010), com vários solos ácidos do Acre, com teores excepcionalmente altos de Al, também identificaram esmectitas como argilominerais dominantes na maioria dos solos, tendo sugerido que a destruição desses minerais, no clima úmido atual, seja a principal causa dos altos teores de Al-KCl, constatados, possivelmente, pela liberação de altas quantidades de Al amorfo.

Apesar dos altos teores de Al-KCl quantificados nas análises químicas, tem sido averiguado que nos solos ácidos com esmectita do Acre os sintomas de fitotoxidez por Al muitas vezes não ocorrem, ou se manifestam aquém do esperado para os valores excepcionalmente altos de Al-KCl, constatados nas análises químicas (GAMA; KIEHL, 1999). Com teores muito altos de Al-KCl, a correção da acidez com doses de calcário está muito aquém daquelas recomendadas pelos métodos tradicionais e tem resultado em produtividades satisfatórias, mesmo quando as quantidades de Al-KCl ainda se encontram em patamares elevados.

Considerando o exposto, pode estar havendo inadequada qualificação desses solos como sendo de baixo potencial agrícola, já que muitas vezes respondem pouco à calagem, levando a crer que pelo menos parte do Al extraído com KCl 1 mol L^{-1} não esteja representando adequadamente as formas tóxicas do elemento.

Estudos de Cunha et al. (2014) permitem interpretar que, no ambiente úmido atual dos solos do Acre, as esmectitas e também vermiculitas estão sendo destruídas, notadamente considerando-se que os solos apresentam drenagem imperfeita, com alternância de ciclos de oxidação e redução, que podem favorecer processos de ferrólise (BRINCKMANN, 1979). A destruição paulatina dos argilominerais 2:1 pode estar liberando quantidades expressivas de Al das lâminas octaédricas. Esses argilominerais sofrem nucleação posterior formando

polímeros amorfos, que tanto podem precipitar como unidades discretas, ou preencher, de forma parcial, o espaço entrecamadas de esmectitas e vermiculitas. A hipótese da liberação de Al das lâminas octaédrais é suportada pelas observações de Volkoff et al. (1989), os quais identificaram montmorilonitas e beidelitas como os principais minerais do grupo das esmectitas presentes em solos da Amazônia Ocidental.

É importante mencionar que nos perfis do Acre estudados por Cunha et al. (2014), o solo apresenta drenagem imperfeita, com mosqueados e zonas de depleção de Fe indicativas de ambiente oxidante-redutor, favorável à destruição das argilas no ambiente úmido atual. Os solos apresentaram deficiência de drenagem e feições morfológicas indicativas de alternâncias de processos de oxirredução (ALMEIDA et al., 2010; CUNHA et al., 2014).

A interpretação desse padrão mineralógico dos perfis de solos do Acre, ou seja, no ambiente úmido e com lençol freático suspenso oscilante, e a alternância de condições oxidantes-redutoras parecem estar promovendo a destruição das argilas, liberando Al das lâminas octaédrais, o qual é parcialmente imobilizado nas entrecamadas de parte das esmectitas.

Portanto, em todos os perfis de solos com predomínio de esmectitas as quais apresentaram alternância de condições oxidantes e redutoras, que resultaram em formação de mosqueados, zonas de depleção e/ou plintita, identificaram-se esmectitas, bem como esmectitas com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas.

Todos esses perfis apresentaram igualmente elevados teores de Al quantificados no extrato de KCl 1 mol L⁻¹, principalmente no horizonte B. Esse comportamento aponta para as seguintes possíveis origens dos altos teores de Al durante a extração pela adição do sal de KCl 1 mol L⁻¹: dissolução de parcela dos polímeros hidróxi-Al das entrecamadas; dissolução de compostos de Al inorgânicos amorfos,

precipitados como nucleações discretas ou associados aos coloides do solo; e uma conjugação dos dois efeitos.

Manejo da correção de acidez do solo

A calagem é uma prática agrícola complexa em seus efeitos que favorece o aproveitamento do fósforo do solo ou do elemento aplicado como fosfatos solúveis em água. Consequentemente, calagens mais elevadas reduzem as necessidades em fósforo e podem ser estabelecidas relações de substituição entre fósforo e calcário. Por isso tem havido maior interesse em estudos de especiação iônica da solução do solo, ou seja, a determinação da concentração das diferentes formas químicas de um elemento numa matriz, que juntas constituem a concentração total desse elemento na amostra (BARRA et al., 2000). A especiação é importante porque ajuda a compreender a variação da disponibilidade e da mobilidade dos elementos na solução do solo. Por exemplo, a biodisponibilidade de fósforo em ambientes aquáticos ou terrestres não é relacionada somente com sua concentração total na solução, mas também com a distribuição de suas espécies, como ortofosfato livre (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), formas orgânicas ou complexos coloidais (HENS; MERCKX, 2002).

O aumento de pH do solo, pela calagem, aumenta as cargas negativas e diminui as positivas no complexo de troca e reduz a solubilidade de compostos de Al e de Fe, elevando a concentração de P na solução do solo (ERNANI et al., 1996; 2000). O maior teor de Ca^{2+} na camada superficial do solo nesse sistema de cultivo pode também diminuir o efeito fitotóxico de Al por sua ação desintoxicante (MARSCHNER, 1997), mas pode, potencialmente, retirar P da solução pela formação de fosfatos de Ca.

Os ácidos orgânicos, que se acumulam na superfície do solo, podem contribuir efetivamente na complexação de grande parte do Al em solução (ANGHINONI; SALET, 1998; SALET et al., 1999). Segundo Ritchie et al. (1988), a complexação do Al com os ligantes orgânicos geralmente é mais forte do que com ligantes inorgânicos. Esses

últimos podem exercer grande influência na redução da toxidez do Al, especialmente em $\text{pH} < 5,5$ (SHOJI; FUJIWARA, 1984) com o Al ligando-se à hidroxila, ao fluoreto, ao sulfato e ao fosfato (SPOSITO, 1989).

A dinâmica dos íons no solo tem sido estudada com base na determinação de cátions e ânions na sua solução. Portanto, não é possível identificar as condições em que ocorre a fitotoxidez por Al, especialmente no sistema plantio direto, por não haver separação entre as espécies tóxicas das chamadas não tóxicas, que podem estar complexadas com ligantes inorgânicos e/ou orgânicos (ALVA et al., 1986; HUE et al., 1986). Na fitotoxidez por Al, os íons ocorrem sob diferentes formas graças às reações e interações, que reduzem o potencial químico dos íons livres. Assim, parte do Al na solução do solo pode ser complexada, polimerizada ou precipitada por ânions orgânicos (radicais orgânicos – O^- , COO^-) e inorgânicos (OH^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e F^-), alterando suas espécies químicas e reduzindo sua atividade (HUE et al., 1986).

Assim, o aumento da concentração de P na solução do solo, seja pela adubação, seja pelo não revolvimento do solo no sistema plantio direto, seja pelo uso de calcário, que eleva o pH, pode reduzir o efeito tóxico do Al, tanto pela complexação em solução, como por sua precipitação.

A tolerância de espécies e variedades com relação à acidez merece atenção, pois variedades mais tolerantes podem ser preferidas para regiões em que a calagem é muito cara e também no caso de solos com subsolos muito ácidos. É importante salientar que podem ou não ocorrer respostas acentuadas à calagem no caso de variedades de plantas tolerantes à acidez.

Segundo Nolla et al. (2006), algumas plantas são capazes de tolerar altas concentrações de alumínio ($> 0,15 \mu\text{mol L}^{-1}$). O mecanismo da tolerância envolve a detoxificação desse elemento fora da raiz, por meio de uma reação de complexação com ácidos orgânicos

exsudados. Estes são excretados pelo sistema radicular das plantas, devido à exposição do alumínio na solução do solo. Essa exsudação radicular é maior no início do crescimento das plantas (STROBEL et al., 1999). Uma vez liberados, os ácidos orgânicos formam complexos com o alumínio na solução do solo rizosférico, tornando as raízes mais tolerantes (JONES, 1998). Os ácidos orgânicos alteram o pH rizosférico com intensidade variável, conforme a espécie vegetal (STROBEL et al., 1999) e a condição de estresse (JONES, 1998), e são estimulados por microrganismos que metabolizam esses compostos (JONES, 1998; MARSCHNER, 1997). Dependendo das condições de solo e da espécie de planta utilizada, esses exsudatos promovem alterações diferenciadas no pH rizosférico, o que proporciona alteração na espécie iônica de alumínio presente em solução (FRANCHINI et al., 2001; SALET et al., 1999).

Essa diferença de comportamento de espécies e variedades quanto à acidez não permite generalizações fáceis e dificulta bastante o estabelecimento de faixas de pH adequadas para as principais culturas e pastagens do Estado do Acre.

Resultados dos estudos de Andrade et al. (2014), avaliando os efeitos da calagem sob um Argissolo Amarelo Distrófico, mostraram que embora a calagem tenha alterado as propriedades químicas do solo, não se observou efeito significativo ($P > 0,05$) em nenhum dos parâmetros utilizados para caracterizar o capim-piatã (Figura 2). Esses resultados mostraram que não havia restrição ao crescimento da gramínea na condição original do solo que apresentava as seguintes características de acidez ($\text{pH} = 5,0; 5,1 \text{ e } 5,1$), saturação por Al ($\text{m\%} = 14\%, 25\% \text{ e } 34\%$), saturação por bases ($\text{V\%} = 31\%, 30\% \text{ e } 20\%$) e disponibilidade de cálcio ($\text{Ca}^{2+} = 1,1; 0,7 \text{ e } 0,49 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e magnésio ($\text{Mg}^{2+} = 0,62; 0,36 \text{ e } 0,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), nas camadas de 0–10 cm, 10–20 cm e 20–40 cm de profundidade, respectivamente. Confirmam também que as gramíneas do gênero *Brachiaria* possuem alto grau de adaptação à acidez do solo, somente respondendo à calagem quando há deficiência de Ca e Mg.

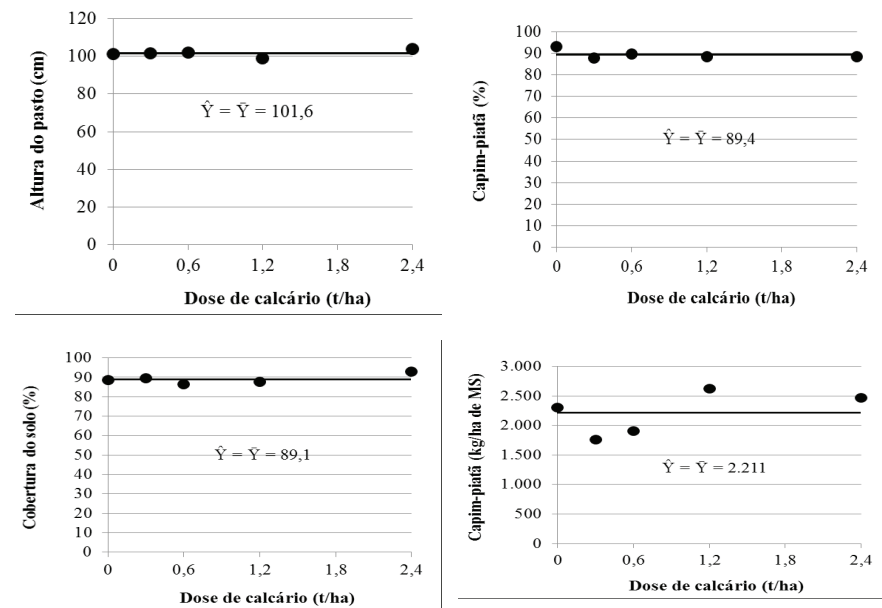


Figura 2. Efeito de doses de calcário no estabelecimento do capim-piatã aos 60 dias após a semeadura, em Cruzeiro do Sul, Acre.

Fonte: Andrade et al. (2014).

Adubação

As formas e as etapas atuais do uso do solo no Estado do Acre envolvem o sistema de derruba e queima da floresta, tanto primária quanto secundária, o uso geral do solo em monocultivo e/ou em sucessão por períodos de até 5 anos. O fogo é utilizado para limpeza da área a ser cultivada. Não é comum o uso de corretivos para redução da acidez e de fertilizantes visando ao aumento de teores e/ou reposição de nutrientes exportados em processos naturais e/ou antrópicos de decomposição da matéria orgânica do solo e nas colheitas (COSTA et al., 2014).

A dinâmica das perdas de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, enxofre, carbono e nitrogênio do solo no sistema de derruba e queima é lenta

entre o corte da floresta e sua queima; imediata durante e após a queima; e novamente lenta após cessado o efeito do fogo e durante o cultivo das áreas e manutenção de resíduos sobre o solo. Essa dinâmica pode ser intensificada com o preparo do solo no início e durante a época de chuva da Amazônia (KELLER et al., 2009).

Em relação ao monocultivo e/ou à sucessão ao fogo para limpeza da área e não uso de corretivos e fertilizantes, os teores de nutrientes que são exportados nas colheitas tornam-se gradativamente críticos para novos cultivos. O uso sucessivo do fogo para a limpeza das áreas a serem cultivadas novamente acelera essa dinâmica (DAVIDSON; MARTINELLI, 2009).

Outro problema que tem sido bastante grave no Estado do Acre é o predomínio de solos com drenagem restrita e que na estação chuvosa ficam sujeitos à deficiência de oxigênio. Isso favorece as condições redutoras do solo (abaixamento do potencial redox) e o acúmulo de substâncias potencialmente tóxicas à planta, como sulfetos e formas solúveis de ferro (Fe^{2+}) e manganês (Mn^{2+}) (ACRE, 2005).

Por serem originados de sedimentos andinos, alguns solos acrianos apresentam peculiaridades, entre elas a ocorrência de características vérticas, eutrofismo acentuado e argilas de alta atividade, incomuns nos solos da Amazônia desenvolvidos sobre materiais mais antigos, como os dos escudos Central Brasileiro e das Guianas e sedimentos do Terciário relacionados à Formação Barreiras (AMARAL, 2007).

Em função da ocorrência comum de solos eutróficos, de alta fertilidade natural quanto à presença de nutrientes, associados ao clima tropical úmido, o Acre possui um diferencial altamente promissor ao desenvolvimento de sistemas agroflorestais (SAFs) e outras formas de manejo agroecológico que podem prover sua sustentabilidade pela eficiência da ciclagem de nutrientes (AMARAL, 2003).

Uma alternativa técnica para a substituição do sistema de derruba e queima da floresta compreende o manejo dessas áreas com tecnologias que permitam a recuperação e manutenção da qualidade do solo, com ganhos agrônômicos e ambientais positivos, como contribuir de forma direta e/ou indireta para a redução do desmatamento e eliminação do uso do fogo (COSTA et al., 2014).

O emprego de práticas conservacionistas, como o sistema plantio direto e a Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF) em áreas degradadas, proporciona melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MACEDO, 2009), o que resulta em ganhos de produtividade dos componentes agrícola, florestal e pecuário. Esse sistema de cultivo propicia cobertura eficiente do solo no decorrer do ano e aumento das taxas de matéria orgânica, além de tornar viável o cultivo no sistema plantio direto.

No Acre a cultura do milho apresenta destaque em áreas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF), uma vez que a incorporação com uma forrageira proporciona aumento da oferta de palhada para a manutenção do plantio direto, com possibilidade de obtenção de produtividade de grãos satisfatória. Barducci et al. (2009) afirmam que a espécie forrageira implantada no consórcio é decisiva para a obtenção de boas produtividades, tanto de grãos quanto de acúmulo de matéria seca da forragem. Assim, as espécies forrageiras do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) são mais aptas ao cultivo integrado. Isso porque, desde que manejadas adequadamente, não interferem ou têm pouca influência na produção do milho, apresentam boa capacidade de recuperação e formação de pastagem e contribuem para a redução dos custos com a alimentação animal durante o período de estiagem (SILVA et al., 2008; TRACY; ZHANG, 2008). A adoção do cultivo em sistemas conservacionistas, com diferentes modelos de consorciação e rotação de culturas dentro da ILPF, e as condições de cultivo local tornam variável a demanda por adubação nitrogenada, especialmente em cultivos integrados com gramíneas (BORGHI; CRUSCIOL, 2007). As culturas do milho

e da braquiária, em cultivo solteiro ou consorciado, são altamente exigentes em nitrogênio, em razão das características intrínsecas das espécies, o que torna esse nutriente limitante da produção quando não suprido de forma adequada durante os estádios cruciais de desenvolvimento das espécies consorciadas (COSTA et al., 2014).

Estudos de Costa et al. (2014) na produção familiar de milho e mandioca no Vale do Juruá no Estado do Acre demonstram que a agricultura conservacionista, compreendendo, sobretudo, o plantio direto e o uso de insumos (calcário e adubo), na produção de milho, avaliada em mais safras de milho do que a mandioca, e em épocas alternativas de cultivo, foi permanente e a produtividade crescente nos sistemas com plantio direto e uso de calcário e adubação fosfatada. Isso não foi verificado nos sistemas com preparo convencional da região com grade aradora, mesmo com uso de insumos, que apresentaram oscilações de produção (Figuras 3 e 4).

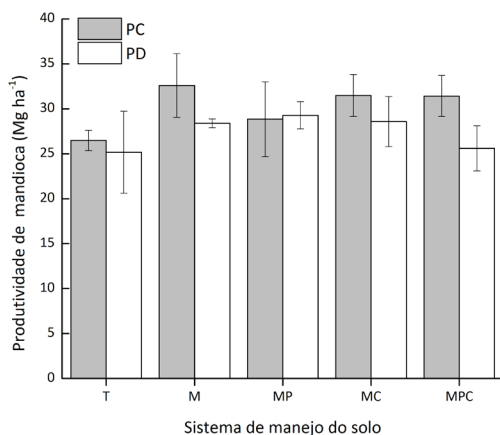


Figura 3. Produtividade de mandioca em experimento de campo de Mâncio Lima, safra 2007–2008*.

*Médias de três repetições; barras verticais representam o erro padrão da média.

T: testemunha; M: somente mucuna; MP: mucuna e fósforo; MC: mucuna e calcário; MPC: mucuna, fósforo e calcário; PC: preparo convencional da região com grade aradora; PD: sem preparo do solo ou plantio direto.

Fonte: Costa et al. (2014).

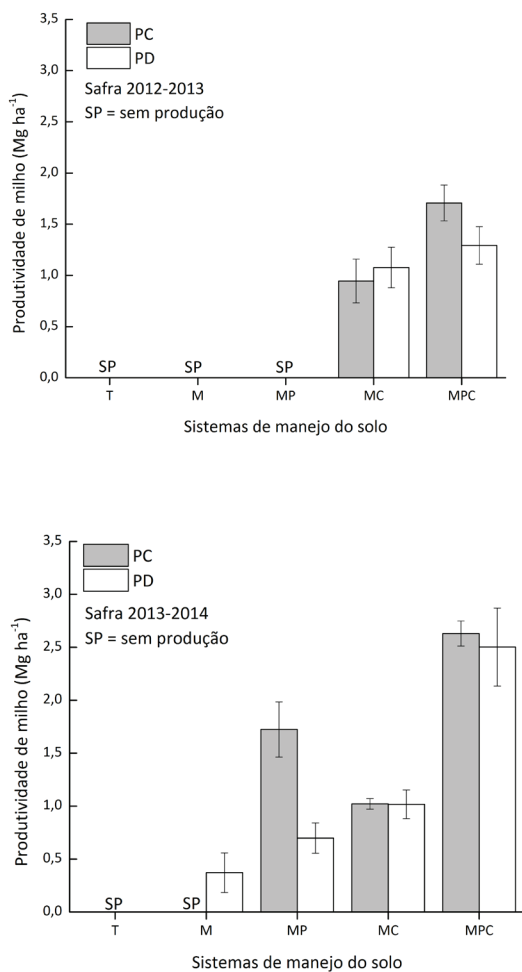


Figura 4. Produtividade de milho em experimento de campo de Mâncio Lima, safra 2012-2013* e 2013-2014*.

*Médias de três repetições; barras verticais representam o erro padrão da média.

T: testemunha; M: somente mucuna; MP: mucuna e fósforo; MC: mucuna e calcário; MPC: mucuna, fósforo e calcário; PC: preparo convencional da região com grade aradora; PD: sem preparo do solo ou plantio direto.

Fonte: Costa et al. (2014).

Bravin e Oliveira (2014) realizaram estudos com o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico das culturas do milho e do capim-xaraés (*Urochloa brizantha* 'Xaraés') em consórcio, cultivadas em plantio direto e convencional, em sistema agrossilvipastoril, com a aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura no leste do Estado do Acre. O experimento foi conduzido em área de cultivo de milho com a espécie florestal mulateiro (*Calycophyllum spruceanum*). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com arranjo em parcelas subdivididas, com dois sistemas de manejo do solo (plantio direto e convencional com grade pesada) alocados nas parcelas e com cinco doses de adubação nitrogenada em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N), nas subparcelas, o que totalizou dez tratamentos. A produtividade de grãos de milho respondeu linearmente à aplicação de N em área de plantio convencional. Em área de plantio direto, a dose de 165 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi necessária para a obtenção de produtividades satisfatórias. A adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho, até a dose de 200 kg ha⁻¹ de N, não influencia o rendimento do capim-xaraés em consórcio nas entrelinhas, após a colheita do milho (Figura 5).

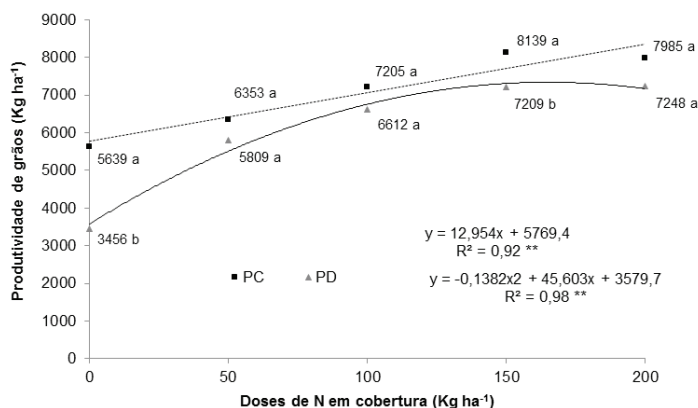


Figura 5. Produtividade de grãos de milho em função dos sistemas de manejo, plantio direto (PD) e convencional (PC), e das doses de N em cobertura em área agrossilvipastoril, na safra 2012– 2013*.

*Médias seguidas de letras iguais, nas doses, não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Bravin e Oliveira (2014).

Demanda de pesquisas

Nessa abordagem, surge a necessidade de estudos de determinação de níveis de correção do solo em função das características pedogenéticas e climáticas do Estado do Acre para estabelecer curvas de neutralização nas principais classes de solos e técnicas de preparo que envolvam a completa mobilização da camada arável para uma melhor reação do corretivo (convencional), como também técnicas de reaplicar calcário sem incorporá-lo ao solo (plantio direto). Estudos das respostas das culturas de importância econômica para o estado, como o milho, mandioca, banana, café, açaí, ao calcário envolvem avaliações de dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta em solos arenosos, solos com impedimentos em camadas mais profundas e solos rasos com relevo acidentado com altos teores de cálcio, magnésio e alumínio não tóxico.

Quanto à demanda de pesquisas em adubação no Acre, há carência de informações que impossibilita atualmente definir critérios visando interpretar os resultados de análises de solos de forma confiável e específica para as condições edafoclimáticas. Portanto, definições mais precisas serão possíveis em experimentos de calibração a campo em diferentes localidades com a finalidade de obter tabelas próprias de recomendação de adubação.

Estudos das respostas das culturas de importância econômica à aplicação de adubos no aumento da produtividade em solos arenosos, rasos e solos com impedimentos em camadas profundas, como também estudos sobre a aplicação de fertilizantes em diferentes modos e épocas, proporcionam melhor aproveitamento das culturas.

As demandas apresentadas neste trabalho fazem parte do planejamento da carteira de projetos de longo prazo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Conclusões

O aumento da produtividade das áreas agrícolas do Estado do Acre dependerá da avaliação da fertilidade do solo e das tabelas de recomendações de adubação e calagem que deverão ser desenvolvidas e validadas tecnicamente e economicamente ao longo do tempo.

Referências

ACRE. Governo do Estado. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE/AC 2ª fase**. Rio Branco: SECTMA, 2005.

ALMEIDA, J. A.; CAMPOS, M. L.; FERREIRA, E. R. N.; GATIBONI, L. C. Formas de alumínio nos solos do Acre. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS, 9., 2010, Rio Branco.

Solos sedimentares em sistemas amazônicos: potencialidades e demandas de pesquisa. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 38-50.

ALVA, A. K.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. & BLAMEY, F. P. C. Relationships between root length of soybean and calculated activities of aluminum monomers in nutrient solutions. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 50, n. 4, p. 959-962, July/Aug. 1986.

AMARAL, E. F. do. **Ambientes com ênfase nos solos e indicadores ao uso agroflorestal das bacias dos rios Iaco e Acre, Brasil**. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMARAL, E. F. do. **Estratificação de ambientes para gestão ambiental e transferência de conhecimento no Estado do Acre**. 2007. 185 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMARAL, E. F. do; ARAÚJO, E. A. de; LANI, J. L.; SCHAEFER, C. E. G. R.; RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA, H. de; BARDALES, N. G.; MELO, A. W. F. de; AMARAL, E. F. do; SOUZA, J. B. de. Solos. In: ACRE. Governo do Estado. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico- Econômico do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico do Acre fase II:** documento síntese: escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA, 2006. p. 46-49.

ANDRADE, C. M. S.; ZANINETTI, R. A.; KLEIN, M. A. Doses de calcário para estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 24., 2014, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2014.

ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Aluminum toxicity in notillage system in Southern Brazil. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., 1998, Montpellier. **Summaries...** Montpellier: International Soil Science Society, 1998. p. 261-267.

BARRA, C. M.; SANTELLI, R. E.; ABRÃO, J. J.; GUARDIA, M. Especificação de arsênio - uma revisão. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 58-69, 2000.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, jun. 2009.

BRAVIN, M. P.; OLIVEIRA, T. K. de. Adubação nitrogenada em milho e capim-xaraés sob plantio direto e preparo convencional em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 10, p. 762-770, out. 2014.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BRINCKMANN, R. **Ferrolysis, a soil forming process in hydromorphic conditions**. Wageningen: PUDOC, 1979. 106 p. (Agricultural Research Report, 887).

COSTA, F. S.; FILHO, M. D. C.; SANTIAGO, A. C. C.; MAGALHÃES, I. B.; CORDEIRO, L. S.; LIMA, A. P.; MAIA, G. R.; SILVA, E. P.; KLEIN, M. A.; SILVA, F. A. C.; BARDALES, N.; QUEIROZ, L. R.; BRITO, E. **S. Agricultura conservacionista na produção familiar de mandioca e milho no Juruá, Estado do Acre**: efeitos da adoção nos resultados de safras 2006 a 2014. Rio Branco: Embrapa Acre, 2014. 10 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 186).

CUNHA, G. O. M.; ALMEIDA, J. A.; BARBOZA, B. B. Relação entre o alumínio extraível com KCl e oxalato de amônio e a mineralogia da fração argila, em solos ácidos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1387-1401, set./out. 2014.

DAVIDSON, E. A.; MARTINELLI, L. A. Nutrient limitations to secondary forest regrowth. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Ed.). **Amazonia and global change**. Columbia: American Geophysical Union, 2009. p. 229-309. (Geophysical Monograph Series, v. 186).

ERNANI, P. R.; FIGUEIREDO, O. R. A.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J. A. Decréscimo da retenção de fósforo no solo pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 159-162, 1996.

ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L.; CAMPOS, M. L.; CAMILLO, R. J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 537-544, 2000.

FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 231, n. 1, p. 55-63, Apr. 2001.

GAMA, J. F. N. F. **Caracterização e formação de solos com argila de atividade alta no Estado do Acre**. 1986. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí.

GAMA, J. F. N.; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um podzólico vermelho-amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 475-482, 1999.

GIBBS, J. R. **The geochemistry of the Amazon Basin**. 1964. 95 f. Thesis (PhD) - University of California, San Diego.

HENS, M.; MERCKX, R. The role of colloidal particles in the speciation and analysis of "dissolved" phosphorus. **Water Resources**, Berlim, v. 36, n. 6, p. 1483-1492, 2002.

HUE, N. V.; CRADDOCK, G. R.; ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 50, n. 1, p. 28-34, Jan./Feb. 1986.

IRION, G. Die entwicklung des zentral-und obeamazonischen tieflands im spat-pleistozän und im holozän. **Amazoniana**, Kiel, v. 6, p. 67-79, 1976.

JONES, D. L. Organic acids in the rhizosphere - a critical review. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 205, n. 1, p. 25-44, Aug. 1998.

KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Ed.). **Amazonia and global change**. Columbia: American Geophysical Union, 2009. 565 p. (Geophysical Monograph Series, v. 186).

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. 176 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, DF, v. 38, p. 133-146, 2009. Suplemento especial.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1997. 889 p.

MÖLLER, M. R. F.; KITAGAMA, Y. **Mineralogia de argilas em Cambissolos do sudoeste da Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa-CPATU, 1982. 19 p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 34).

MÖLLER, M. R. F.; KITAGAMA, Y.; COSTA, M. P. Distribuição aproximada de minerais argilosos na folha SC-19 Rio Branco. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 3., 1982, Manaus. **Anais....** Manaus: CRQ 6, 1982. p. 291-306.

NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, L. Efficiency of calcium silicate and carbonate on soybean disease control. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 29, n. 11, p. 2049-2062, 2006.

REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS, 9., 2010, Rio Branco. **Solos sedimentares em sistemas amazônicos: potencialidades e demandas de pesquisa**. Rio Branco: SBCS, 2010.

RITCHIE, G. S. P.; NELSON, M. P.; WHITTEN, M. G. The estimation of free aluminum and the complexation between fluoride and humate anions for aluminum. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, United Kingdom, v. 19, n. 7-12, p. 857-871, 1988. Special issue.

SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz**, Cruz Alta, v. 1, p. 9-13, 1999.

SANTOS, P. G.; ALMEIDA, J. A.; SEQUINATO, L.; CARVALHO, C. A.; PEREIRA, A. M. Identificação de argilominerais em solos com altos teores de alumínio na Região da Campanha Gaúcha revelam destruição de esmectitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; VALE JÚNIOR, J. F.; MELLO, J. W. V. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra**, v. 12, p. 63-104, 2000.

SHOJI, S.; FUJIWARA, Y. Active aluminum and iron in the humus horizons of Andosols from Northeastern Japan: their forms, properties, and significance in clay weathering. **Soil Science**, Netherlands, v. 137, n. 4, p. 216-226, Apr. 1984.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2853-2861, 2008. Número especial.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1989. 277 p.

STROBEL, B. J.; BERNHOLF, I.; BORGAARD, O. K. Low molecular weight aliphatic acids in soil solution under different vegetation determined by capillary zone electrophoresis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 212, n. 2, p. 115-121, May 1999.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 3, p. 1211-1218, May 2008.

VOLKOFF, B.; MELFI, A. J.; CERRI, C. C. Solos podzólicos e cambissolos eutróficos do alto rio Purus (Estado do Acre). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 363-372, 1989.



Acre

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

